

Case study

Open Access

인지과제를 결합한 장애물 보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력 및 일상생활동작에 미치는 효과 -단일사례연구-

송민정[†] · 김범룡¹

익산수요양병원 물리치료실, ¹대자인병원 재활센터

Effect of Obstacle Walking Training Combined with Cognitive Tasks on Balance, Gait, and Activities of Daily Living in Patients with Stroke: A Single Case Study

Min-Jeong Song, P.T., M.S.[†] · Beom-Ryong Kim, P.T., Ph.D.¹

Department of physical therapy, Iksansoo Rehabilitation Hospital

¹Department of Physical Therapy, Design Hospital

Received: February 26, 2023 / Revised: March 28, 2023 / Accepted: March 28, 2023

© 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aims to compare the effects of obstacle walking training combined with cognitive tasks on balance, gait, and activities of daily living in patients with stroke.

Methods: A single-subject design was used, where one stroke patient participated. Obstacle walking training combined with cognitive tasks was performed for 1 hour per day for a total of 10 times during the intervention phase. The subjects were measured five times in the baseline phase, 10 times in the intervention phase, and five times in the follow-up phase. The outcome measurements included the Berg balance scale (BBS), the 10-meter walk test (10 MWT), and the Korean modified Barthel index (K-MBI).

Results: In this study, the results showed that the 10 MWT scores during the intervention period improved and that this improvement remained, even during the post-period. In addition, BBS and K-MBI values for stroke patients increased significantly after training.

Conclusion: The results of this study revealed that obstacle walking training combined with cognitive task training may be helpful to improve balance, gait, and activities of daily living in stroke patients. Therefore, obstacle walking training combined with cognitive tasks is recommended for stroke patients.

[†]Corresponding Author : Min-Jeong Song (minjeng207@hanmail.net)

Key Words: Balance, Dual-task, Obstacle walking, Stroke

I. 서론

뇌졸중이란 경색, 출혈 등의 이유로 뇌의 혈액 공급이 원활하지 않아 운동 및 감각 신경을 지배하는 뇌의 기능이 소실되는 질환으로(Sharp & Brouwer, 1997), 손상된 뇌의 부위에 따라 다양한 장애가 나타나는 질환이다(Warlow et al., 2008). 뇌졸중 환자들은 운동, 인지, 감각, 지각, 심리, 사회, 신체기능 영역에서 장애를 겪게 된다(Langhorne et al., 2009). 특히, 근력약화, 비정상적인 근긴장도, 운동조절능력 저하, 균형능력 저하 등으로 동일한 나이의 정상인들에 비해 자세동요가 증가하고, 안정성한계가 감소하는 문제를 가지게 된다(Geiger et al., 2001; Nichols, 1997). 또한, 마비측과 비마비측 간의 한걸음 길이 차이가 발생하여 마비측 다리의 입각기가 짧고, 유각기가 길어지는 비정상적인 보행양상이 나타난다(Sim & Oh, 2015). 이러한 비정상적인 보행양상으로 인해 뇌졸중 환자들은 보행 속도가 느려지고, 독립적인 보행이나 사회적 활동 참여에 제한이 발생한다(Yang et al., 2008).

지역사회 보행은 매끄러운 바닥, 모래 바닥을 포함한 다양한 지면, 경사도로, 고정된 장애물, 움직이는 사물 혹은 사람 등 주의 분산이 되는 환경 조건에서 수행된다. 뿐만 아니라 보행 중의 방향 전환이나, 장애물 피하며 걷기, 통화하며 걷기, 보행 중 메시지 보내기 등 이중과제 수행이 요구된다(Hyndman et al., 2006). 이중과제 수행은 일상에서 자주 직면하는 과제 중 하나이지만 뇌졸중 환자들은 정상인들에 비해 운동 조절 및 인지 능력이 저하되어 일상생활 활동에 어려움을 겪는다(Shumway-Cook et al., 2002). 이러한 문제들을 해결하기 위해 최근 임상에서는 뇌졸중 환자들의 운동 조절 향상을 위해 보행 훈련 동안 인지과제(cognitive task)나 운동과제(motor task)를 동시에 수행하는 이중과제 훈련에 대한 관심이 높아지고 있다(Sim & Oh, 2015). 이중과제 보행훈련은 뇌졸중 환자들의

운동 조절 능력 향상과 독립적인 일상생활 수행 및 사회복귀를 위해 효과적인 증재방법으로 최근 보고된 바 있다(Kim & Lee, 2021).

이중과제 보행훈련은 보행하는 동안 운동 과제나 인지 과제를 동시에 수행하는 것으로 크게 두 가지로 분류된다(Park et al., 2019). 첫번째는 보행하며 낱말 기억하기, 3단위로 숫자 거꾸로 세기, 계산하기, 대화과제 등 인지과제를 수행하는 것이고(Plummer-D'Amato et al., 2008), 두번째는 보행하며 컵 옮기기, 장애물 피하기 등 운동 과제를 수행하는 것이다(Yang et al., 2007). 보행을 하는 동안 인지과제를 수행하는 것은 서로 다른 과제의 수행에 필요한 감각, 운동 조절 시스템의 신경 조절망을 통합할 수 있는 이점이 있다(Abbud et al., 2009). 또한, 장애물 보행훈련은 균형에 필요한 의식적 집중을 분산시킴으로써 자세안정성 향상시킬 수 있는 효과가 있다(Hyndman et al., 2006). 뇌졸중 환자에게 이중과제 보행훈련이나, 장애물 보행훈련을 수행한 연구들이 있었지만, 뇌졸중 환자를 대상으로 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련의 효과를 검증한 연구는 여전히 미흡한 실정이었다. 따라서 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 적용한 후 균형, 보행능력, 일상생활동작에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 만 56세 여성으로 왼쪽 중간 대뇌 동맥(middle cerebral artery infarction) 경색으로 뇌졸중 진단받은 환자를 대상으로 진행하였다(Table 1). 본 연구에 참여한 대상자는 1) 뇌졸중으로 인해

Table 1. General characteristics of subject

	Subject
Gender	Female
Age (year)	56
Dx	Cerebral infarction
Onset duration (month)	20
Affected side	Right
BMI (kg/m ²)	22.8
MMSE-K (score)	26

BMI: body mass index, K-MMSE: Korean-mini mental state examination.

편마비로 진단받은 자, 2) 한국형 간이 정신상태검사(Korean-mini mental state examination, K-MMSE)에서 점수가 24점 이상으로 의사소통이 가능한 자, 3) 3개월 이내의 낙상의 경험이 있는 자, 4) 보조 도구나 보조자의 도움을 받고 20분 동안 서기가 가능한 자, 5) 뇌졸중 질환을 제외한 신경학적 장애가 없는 자, 6) 심혈관 또는 호흡계의 제한이 없는 자로 선정하였다. 본 연구는 연구 진행 전 본 연구에 대한 구체적인 목적과 절차를 대상자에게 설명하였으며, 자발적으로 참여의사를 밝힌 대상자를 대상으로 선정하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 균형능력 측정

본 연구에서는 버그 균형 척도(Berg balance scale, BBS)를 이용하여 대상자의 균형능력을 평가하였다. BBS는 앉고 일어서기, 두 발 모으고 서 있기, 360도 회전하기 등 총 14항목으로 구성되며, 항목 당 0점(최소)~4점(최대)을 부여하여 점수가 높을수록 균형이 좋은 것을 의미한다. BBS는 점수에 따라 20점 낙상 고위험군, 21~40점 낙상 중등도 위험군, 41점~56점 낙상 저위험군으로 분류한다. BBS는 뇌졸중 환자의 균형능력을 측정하는데 널리 이용되며, 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 $r=0.99$, $r=0.98$ 이다(Berg et al., 1995).

2) 보행능력 측정

본 연구에서는 10m 보행평가(10m walk test, 10MWT)를 이용하여 대상자의 보행 능력을 평가하였다. 10MWT는 뇌졸중 환자나 신경학적 손상이 있는 환자들의 보행속도를 평가하는데 자주 이용되는 평가도구이다. 본 연구에서는 총 14m의 직선 거리를 편안하게 걷도록 대상자에게 요청한 후, 가속 구간과 감속 구간을 감안하여 처음과 마지막의 2m를 제외한 10m의 보행 구간 소요시간을 측정하였다. 본 연구에서는 대상자들의 안전을 위해 보조도구를 사용하여 실시하였으며, 3회 반복 후 평균값을 기록하였다. 이 평가도구의 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 $r=0.88$, $r=0.99$ 이다(Dobkin, 2006).

3) 일상생활동작 측정

본 연구에서는 한글판 수정된 바텔 지수(Korean modified Barthel index, K-MBI)를 사용하여 대상자의 일상생활동작 수행 정도를 평가하였다. K-MBI는 개인위생, 목욕하기, 식사하기, 화장실이용, 계단 오르고 내리기, 옷 입고 벗기, 배변 조절하기, 소변 조절하기, 보행 또는 휠체어사용, 의자/침대로 이동 총 10개의 항목으로 구성되며 총점은 0점(최소)~100점(최대)로 부여하여 점수가 클수록 독립적인 것을 의미한다. K-MBI는 뇌졸중 환자의 자립도를 측정하는데 많이 널리 사용되며, 검사-재검사 신뢰도는 $r=0.89$, 측정자간 신뢰도는 $r=0.95$ 이다(Shah et al., 1989).

3. 연구설계

본 연구는 A-B-A' 단일사례 연구 방법(single-subject experimental research design)을 이용하였다. 총 실험 회기는 20회기로 기초선(A) 5회, 중재기(B) 10회, 치료 종료 후 회귀기초선(A') 5회 측정하였다. 기초선과 회귀기초선에는 입원중에 시행되는 제공되는 일반적인 물리치료를 수행하였으며, 일반적인 물리치료는 균

형, 보행능력, 일상생활동작의 향상을 위한 중추신경계 발달치료를 적용하였다. 중재 기간 동안에는 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 일일 60분씩 매일 1회 총 10회 실시하였다. 10MWT는 일반적인 물리치료, 인지과제를 결합한 장애물 보행 훈련이 끝난 후 측정하였다.

4. 이중과제 장애물 보행훈련(dual-task gait raining)

본 연구에서는 준비운동, 본 운동, 정리 운동, 3단계로 구성된 운동프로그램을 각각 10분, 40분, 10분, 총 60분 동안 운동프로그램을 적용하였다. 준비운동과 마무리운동은 대상자가 뇌졸중 환자임을 고려하여 근육의 긴장도 증가, 통증 감소, 손상 예방, 관절가동범위 증진 등의 목적으로 능동 관절가동운동으로 구성된 운동을 적용하였다. 능동관절 가동운동은 각각 어깨, 팔꿈치, 손목, 엉덩이, 무릎, 발목 관절의 움직임 방향에 따라 가벼운 강도로 10분 동안 수행하도록 하였다 (Shumway-Cook et al., 2002). 본 운동은 대상자의 균형능력 향상과 운동조절 능력 증진을 목표로 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 40분간 수행하였다. 본 연구에서 수행한 보행훈련은 20m의 직선 보행로 안에 다양한 크기의 장애물을 배치한 후, 장애물을 피하면서 보행훈련을 수행하는 동시에 숫자세기, 단어 기억하기 등을 포함한 인지과제를 수행하도록 하였다 (Table 2). 본 연구에서 사용한 인지과제는 Kim과 Lee (2021)의 연구에서 사용했던 중재프로그램을 수정, 보완하였으며 종류에는 숫자 세기/숫자 거꾸로 세기, 단어 기억하기, 노래하기, 단어 거꾸로 말하기, 단어 분류하기로 구성하였다. 숫자는 1에서 10까지의 범위로 하였고, 단어는 낱말카드를 이용하였으며, 노래의 중

류는 동요로 하였다. 또한, 치료사는 대상자에게 장애물을 넘어가지 않고 피해가도록 지시하여 보행 중의 방향전환을 요구하였다. 장애물의 위치는 고정되지 않은 위치에 폼롤러, 랫트 보드, 플라스틱 콘을 사용하여 대상자가 시각적으로 장애물 위치를 인지할 수 있는 범위에서 치료사가 무작위로 배치시켰다. 추가적으로, 중재 기간이 증가함에 따라 장애물 개수를 추가시켜 난이도를 점진적으로 증가하도록 설계하였다. 본 연구에서는 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 수행하는 동안 대상자가 안전한 환경에서 중재를 수행할 수 있도록 평소 재활 훈련에 사용하던 워커 보조기를 사용하고 수행하였다.

5. 분석방법

10MWT은 기초선(A), 중재기(B), 회귀기초선(A')을 각각 5회기, 10회기, 5회기 동안 평가하였고, 수집된 측정값은 그래프를 사용하여 시각적 분석을 통해 비교되었다. 그 중 기초선 5회기 동안의 값의 평균값과 표준편차를 구하여, 이에 대한 2배 표준편차 방법 (2-standard deviation-band method, 2SD)를 사용하여 선으로 표시하였다. 또한, BBS와 K-MBI는 중재 전, 후에 대한 데이터 측정값은 표로 제시하였다.

III. 연구 결과

Fig. 1은 기초선(A), 중재기(B), 회귀기초선(A')에서의 10MWT 측정값을 나타낸 것이며, Fig. 2는 중재 전, 후의 BBS와 K-MBI 측정값을 보여준다. 중재결과 10MWT는 5회기 초기 측정평균 값 0.15m/s에서 중재

Table 2. Dual-task gait training program

Cognitive task	Methods
Counting numbers (reverse)	Non-fixed obstacle walking environment
Remember & play words	Non-fixed obstacle walking environment
Speak reverse	Non-fixed obstacle walking environment
Word classification	Non-fixed obstacle walking environment

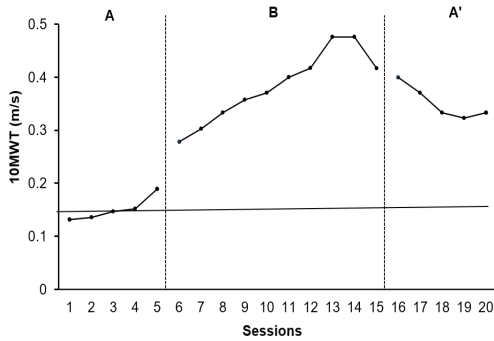


Fig. 1. Comparison of the 10-m walk test values across the baseline, intervention, follow-up phases. Horizontal line implies the upper limit of 2SD band of data in the baseline phase.

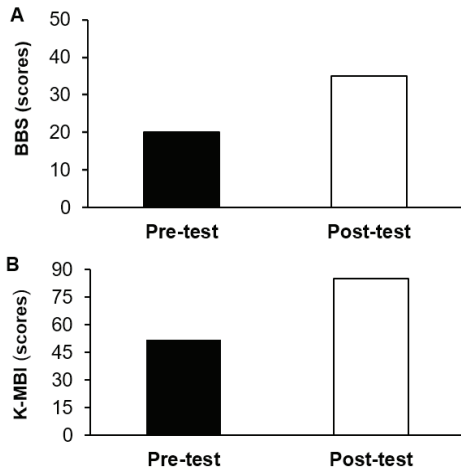


Fig. 2. Comparison of the values assessed before and after the intervention phase. (A) Berg balance scale and (B) Korean modified Barthel index.

후 5회 측정평균 값 0.35m/s로 향상된 것을 확인할 수 있다. 10MWT의 기초선에서 대상자의 평균값과 표준편차 값은 각각 0.15m/s, 0.02m/s이었다. 보행속도

의 향상정도를 위해 평균 + 2SD 값을 구한 결과, 0.19m/s로 나타났으며 값을 선으로 나타냈다. 대상자의 중재기와 회기기초선의 평균값은 각각 0.39m/s, 0.35m/s으로, 기초선과 비교하여 중재기간에서는 0.24m/s 회기기초선에서는 0.2m/s 증가한 수치이다. 특히, 중재기간 중 최고 속도는 0.47m/s를 기록하였는데, 0.47m/s는 제한적이지만 지역사회 보행이 가능한 수치로 보고된 바 있다(Perry et al., 1995). 또한, 중재 전, 후의 BBS 점수는 20점에서 35점으로 26.79% 향상되었고, K-MBI점수는 52점에서 85점으로 33% 향상되었다(Table 3).

IV. 고찰

보행은 독립적인 일상생활 활동에 있어 가장 기초적인 요소이며, 사회로의 복귀 효율성을 높이기 위한 중요한 요소 중 하나이다(Kelly-Hayes et al., 2003). 그러나 뇌졸중 환자의 경우, 정상적인 자세조절 기전이 일시적 혹은 영구적으로 상실되어, 비대칭적 체중부하와 불안정한 자세가 나타난다. 이러한 이유로 뇌졸중 환자들은 균형 및 보행이상이가 나타나며, 보행하는 동안 다른 운동과제나 인지과제를 동시에 수행하는 것에 어려움을 겪는다(Yang et al., 2007). Perry 등(1995)은 뇌졸중이 만성화됨에 따라 환자들의 보행능력이 떨어지고, 보행은 숙련된 기술, 동기부여, 자신감, 과제 지향적인 활동에 의해 영향을 받는다고 보고한 바 있다. 이에 따라 최근에는 이중과제훈련이나 보행훈련과 같이 뇌졸중 환자에게 효과적인 재활프로그램을 제시하고자 다양한 연구들이 진행되고 있다(Kim & Lee, 2021; Sim & Oh, 2015). 이에 본 연구는 인지과제

Table 3. Results of the 10MWT, BBS and K-MBI

	Pre	Post
10MWT (m/s)	0.15	0.35
BBS (score)	20	35
K-MBI (score)	52	85

10MWT: 10m walk test, BBS: Berg balance scale, K-MBI: Korean modified Barthel index.

를 결합한 장애물 보행훈련 수행 시 뇌졸중 환자의 균형, 보행능력, 일상생활동작에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다. 본 연구 결과, 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련은 뇌졸중 환자의 균형, 보행능력 및 일상생활동작 능력이 향상에 긍정적인 중재방법인 것으로 확인하였다.

뇌졸중 환자는 중추신경계의 손상으로 인하여 동일한 나이대의 정상인에 비해 집중 총량(attention capacity)이 감소된다(Shumway-Cook et al., 2002). 특히, 이중과제와 같이 많은 신경학적 처리가 요구되는 환경에서 균형 및 운동 조절 장애가 발생하여 낙상의 위험도 증가한다(Huxhold et al., 2006). 본 연구에 참여한 대상자는 연구에 참여하기 전 3개월 이내의 낙상이력 있는 뇌졸중 환자로서 낙상 이후 보행 시, 과도한 자세 집중으로 인하여 외부 교란에 대해 적절한 반응을 보이지 못하고, 더욱 불안정한 보행양상이 나타났다. 그러나 본 연구의 결과, 대상자의 균형, 보행능력 및 일상생활동작 능력이 향상되었다. 이는 장애물을 피하며 보행하는 동안 고유수용성감각, 시각, 몸감각 등을 통해 보행에 필요한 근력 및 지구력, 자세조절능력, 움직임의 타이밍 등을 학습하여 균형 및 보행능력이 향상되었고, 결과적으로 일상생활활동 수행 능력을 향상될 수 있던 것으로 사료된다. 우리의 연구 결과는 보행 중에 인지과제를 수행하는 것이 의식적인 자세 집중을 감소시킴으로써 뇌졸중 환자의 자세 안정성 향상에 긍정적임을 보고한 선행연구의 결과를 뒷받침한다(Yang et al., 2007). 따라서 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련은 뇌졸중 환자를 대상에게 긍정적인 운동중재 방법으로써 제안될 수 있다.

본 연구 결과 대상자의 10MWT와 BBS값에서 중재 전과 비교하여 중재 후 보행 및 균형능력이 증가하여 인지과제를 병행한 장애물 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행 및 균형능력을 향상시킬 수 있음을 보여주었다. 뇌졸중 환자의 균형과 보행속도를 평가할 수 있는 10MWT에서 중재기와 회귀기초선 모두 기초선에 비해 임상적으로 적용될 수 있는 최소한의 중요한 차이값(minimal clinically important difference, MCID)인

0.16m/s 이상의 증가를 보였다(Tilson et al., 2010). 이러한 본 연구의 결과는 보행환경 가변성에 따른 이중과제 훈련이 뇌졸중환자의 균형과 보행, 기능향상에 긍정적임을 보고한 Kim & Lee (2021)의 선행연구 결과를 지지한다. 또한 뇌졸중 및 중추신경계 환자의 균형 및 낙상 위험도 측정이 가능한 BBS 점수가 20점에서 35점으로 향상되어 낙상위험이 감소하였다. 그 중에서도 ‘잡지 않고 서 있기’, ‘선 자세에서 앉기’, ‘의자에서 의자로 이동하기’, ‘두 발을 붙이고 잡지 않고 서 있기’, ‘왼쪽과 오른쪽으로 뒤돌아보기’, ‘한 발 앞에 다른 발을 일자로 두고 서 있기’ 등의 항목에서 향상되었다. 이러한 결과는 반복적인 장애물 보행훈련 시 방향전환의 유도를 통해 마비측의 디딤기 시간이 길어지며 양쪽 다리의 협응력이 증가하여 균형능력이 개선되었을 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 뇌졸중 환자의 일상생활 독립성을 평가하는 K-MBI점수의 MCID 값인 1.85점 이상의 향상을 보였다(Jung et al., 2007). 특히, 본 연구에서는 ‘의자차’, ‘보행’, ‘의자/침대 이동’의 항목에서 향상됨을 확인하였다. 이러한 결과는 인지과제를 결합한 장애물 보행을 통해 대상자의 균형 및 보행능력이 향상되어 이동과 관련된 일상생활동작이 개선되었을 것으로 생각된다. 우리의 연구결과는 Lee & Lee (2016)의 연구에서 뇌졸중환자에게 만성 뇌졸중환자에게 이중과제 동작관찰 신체훈련을 적용한 결과 K-MBI의 점수가 96.00 ± 4.15 에서 99.33 ± 3.64 점으로 개선되었음을 보고한 선행 연구의 결과를 지지한다. 그러나 본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 한 명의 뇌졸중 환자를 대상으로 한 단일 사례연구로, 본 연구의 결과를 모든 뇌졸중 환자에게 일반화할 수 없다. 둘째, 본 연구에서 실시된 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련은 치료기간이 10회기로 짧아 장기적인 치료의 효과 관찰이 없었다. 셋째, 본 연구에서 수행한 이중과제를 제외한 일상생활에서 노출되는 이중과제를 통제하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 본 연구의 제한점을 보완한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 적용한 후, 균형, 보행능력, 일상생활동작에 미치는 영향에 대해 알아보고자 실시하였다. 본 연구 결과, 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련은 뇌졸중 환자의 균형 보행능력 일상생활동작에서 유의한 향상을 보였다. 따라서 뇌졸중 환자에게 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 적용하는 것은 균형능력, 보행속도, 독립적인 일상생활 능력을 향상시키는데 효과적이다. 이러한 결과를 바탕으로 향후 뇌졸중 환자에게 인지과제를 결합한 장애물 보행훈련을 적용한 많은 연구가 지속적으로 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

References

- Abbud GAC, Li KZH, DeMont RG. Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. *Gait & Posture*. 2009;30(2): 227-232.
- Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1995;27(1):27-36.
- Dobkin BH. Short-distance walking speed and timed walking distance: redundant measures for clinical trials? *Neurology*. 2006;66(4):584-586.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, et al. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Physical Therapy*. 2001;81(4):995-1005.
- Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, et al. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*. 2006;69(3):294-305.
- Hyndman D, Ashburn A, Yardley L, et al. Interference between balance, gait, and cognitive task performance among people with stroke living in the community. *Disability and Rehabilitation*. 2006;28(13-14):849-856.
- Jung HY, Park BK, Shin HS, et al. Development of the Korean version of modified Barthel index (K-MBI): multi-center study for subjects with stroke. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2007;31(3):283-297.
- Kelly-Hayes M, Beiser A, Kase CS, et al. The influence of gender and age on disability following ischemic stroke: the framingham study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2003;12(3):119-126.
- Kim SJ, Lee HJ. The effects of dual task training according to variability of walking environment on balance, gait and function of stroke patients. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2021;9(2): 23-33.
- Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *The Lancet Neurology*. 2009; 8(8):741-754.
- Lee HM, Lee JA. The effects of dual-task action observation physical training on the walking ability and activities of daily living in chronic stroke patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2016; 11(2):83-91.
- Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical Therapy*. 1997;77(5):553-558.
- Park HJ, Lee EJ, Na GM, et al. The effect of dual-task gait training on balance, gait, and activities of daily living for patients with parkinson's disease: a single-subject experimental design. *PNF and Movement*. 2019;17(3): 339-351.
- Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke*. 1995;26(6): 982-989.
- Plummer-D'Amato P, Altmann LJ, Saracino D, et al. Interactions

- between cognitive tasks and gait after stroke: a dual task study. *Gait & posture*. 2008;27(4):683-688.
- Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *Journal of Clinical Epidemiology*. 1989;42(8):703-709.
- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1997;78(11):1231-1236.
- Shumway-Cook A, Patla AE, Stewart A, et al. Environmental demands associated with community mobility in older adults with and without mobility disabilities. *Physical Therapy*. 2002;82(7):670-681.
- Sim SM, Oh DW. Effect of dual-task training with cognitive motor task on walking and balance functions in patients with chronic stroke: randomized controlled pilot study. *Physical Therapy Korea*. 2015;22(2):11-20.
- Tilson JK, Sullivan KJ, Cen SY, et al. Meaningful gait speed improvement during the first 60 days poststroke: minimal clinically important difference. *Physical Therapy*. 2010;90(2):196-208.
- Warlow C, van Gijm J, Dennis M, et al. Stroke: practical management. 3rd ed. United Kingdom. Wiley-Blackwell. 2008.
- Yang YR, Chen YC, Lee CS, et al. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait & Posture*. 2007;25(2):185-190.
- Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2008;28(2):201-206.